

Comportement mécanique des peintures à la colle et à l'huile sur papier

56

Résumé. Depuis les années 80, la maîtrise du climat dans les lieux d'exposition et de stockage des collections a fait l'objet en France d'importants progrès. Les conditions nominales d'humidité relative (HR) recommandées (de 50 à 60 %) recouvrent sans discernement la conservation de tous les types d'objets entrant dans une collection. Cependant, dans l'absolu, le comportement de chaque objet requiert un climat spécifique pour être conservé dans des conditions optimales. Cette étude a donc permis, à travers une série d'essais sur des éprouvettes de peinture à la colle et à l'huile sur papier, de déterminer les meilleures conditions de conservation de ce type de peinture.

Mots-clés. Papier, peinture, colle, huile, conditions de conservation, humidité relative, comportement mécanique, tension, stabilité, sensibilité.

Abstract. Since the 1980s climate control in exhibition and storage areas for collections has made considerable progress in France. The recommended nominal conditions for relative humidity (50-60%) cover indiscriminately the conservation of all types of objects belonging to collections. In absolute terms, however, the behaviour of each object requires a specific climate or atmosphere for it to be kept in optimal conditions. A series of experiments on test-tubes of size paint (distemper) and oil paint on paper has thus allowed the best conservation conditions to be defined for such paintings.

Key words. Paper, paint, oil, conservation conditions, relative humidity, mechanical behaviour, tension, stability, sensitivity.

Introduction

Dès son apparition, le papier a servi de support à la peinture. Léger et relativement bon marché, ce matériau a été souvent choisi par les artistes soit pour y jeter leurs premières idées, soit pour en exploiter les possibilités esthétiques. Presque toutes les techniques picturales ont été pratiquées sur les papiers. Les peintres classiques l'ont largement utilisé pour faire des esquisses ou des ébauches. Les peintures à l'huile pouvaient être exécutées sur des papiers encollés ou non, marouflés sur toile tendue sur châssis. Actuellement, de nombreux plasticiens utilisent le papier comme support des peintures vinyliques ou acryliques et autres techniques. Nous avons sélectionné les techniques les plus utilisées, c'est-à-dire les peintures à la colle et à l'huile sur papier dessin, encollé ou non.

Les conditions nominales d'humidité relative dans les musées dépendent des pays. Aux États-Unis, les valeurs requises sont de 50 % ; en Europe, les valeurs retenues vont de 55 % à 60 %. Dans les pays chauds et secs, les valeurs acceptées sont aux environs de 40 % à 45 %. En

fait, toutes les études publiées sur ce sujet conduisent à retenir comme valeurs représentant les meilleures conditions de conservation de 50 % à 60 % [Plenderleith H.J. and Philippot P., 1960; Thomson G., 1978; Michalski S., 1993; Erhart D. and Mecklenburg M. F., 1994]. Ces conditions couvrent sans discernement la conservation de tous les types d'objets entrant dans une collection. C'est dans cette plage de variation d'humidité relative que les altérations mécaniques paraissent les plus réduites.

Rappelons que c'est la répétition et l'amplitude des variations de tension qui sont responsables de la fatigue mécanique et de la rupture des matériaux [Mecklenburg M. F. and Tumosa C. S., 1991]. De plus, il existe des restrictions d'humidité relative liées à d'autres types d'altération, comme le développement des micro-organismes pour des valeurs supérieures à 70 %, ou des altérations chimiques pour des valeurs supérieures à 75 % [Erhart D., Von Endt D. and Hopwood W., 1987]. Le but de cette étude est d'approcher les conditions de conservation optimales des peintures sur papier étudiées, à partir d'une meilleure connaissance de leur comportement mécanique à l'humidité.

Évaluation de la stabilité mécanique aux variations de l'humidité

La procédure expérimentale se déroule en deux étapes. La peinture sur papier est avant tout tendue sur un cadre extensiométrique [Roche A., 1993]. La tension est réglée à 15 daN/m dans les sens machine et travers. Puis la peinture, montée sur le cadre extensiométrique, est introduite dans une enceinte climatique où les conditionnements à une humidité relative de 20 % et 95 % sont maintenus pendant vingt-cinq heures à une température de $21\text{ °C} \pm 1,5$. La transition de 20 % à 95 % se fait progressivement par paliers d'environ 5 %, de manière à contrôler l'évolution de la tension pendant le changement de conditionnement. Le suivi des tensions et de l'humidité relative est obtenu par un enregistrement toutes les quinze minutes des données fournies par les huit capteurs du cadre extensiométrique et par une sonde thermo-hygrométrique¹. Les valeurs de tension obtenues pendant le passage de 20 % à 95 % permettent de déterminer deux courbes de sensibilité à l'humidité relative caractérisant chaque peinture étudiée. Chaque courbe est liée à l'orthotropie du papier et la variation de tension en sens travers est légèrement plus importante.

C'est à partir de ces courbes que nous pouvons déterminer l'influence de la stabilité mécanique aux variations d'humidité relative de chacune des peintures. Elles caractérisent la sensibilité des matériaux ou des peintures à l'humidité. Cette sensibilité s'exprime par une variation moyenne de tension (V_{mt}) [Roche A., 1996].

Fabrication des éprouvettes

L'étude des peintures à la colle et à l'huile sur papier a nécessité la fabrication de trois séries de trois éprouvettes. Chaque série correspond à une technique donnée et chacune des trois éprouvettes de la série a des caractéristiques précises. La préparation des supports est commune à l'ensemble des éprouvettes.

Préparation des supports. Le papier choisi est un papier blanc Canson de 125 g/m^2 . Ce papier à dessin, très résistant, est souvent utilisé par les artistes peintres. Il est découpé aux dimensions de $102,5 \times 102,5\text{ cm}$, c'est-à-dire au format du cadre extensiométrique augmenté d'une marge de 7,5 cm. Selon la pratique des peintres, le papier est largement mouillé afin qu'il s'allonge au maximum, puis il est maintenu sur le plan de travail à l'aide de bandes de papier gommé collées sur la périphérie, à cheval sur le papier et le plan de travail. Au séchage, le papier maintenu se tend fortement.

Encollage du papier. Après le séchage, deux des trois séries reçoivent une couche d'encollage constituée d'une solution à 10 % de colle de peau dans l'eau. La colle est passée à chaud. Le papier est toujours maintenu sur le plan de travail au cours de ce second séchage.

Peinture à la colle sur papier encollé. La peinture est à base de colle de peau à 10 % dans l'eau et de pigment bleu de cobalt. Le pigment est broyé dans la colle à chaud selon trois concentrations volumétriques pigmentaires (CVP)². Chacune des trois éprouvettes est enduite d'une couche de peinture à la colle de CVP différente. La peinture est passée au spalter à chaud. Après l'application des couches de peinture, les éprouvettes restent sous tension pendant trois semaines. La masse surfacique des constituants est évaluée à chaque étape de la fabrication des éprouvettes (tableau 1).

Peinture à l'huile sur papier encollé. La mise en œuvre s'inspire des techniques traditionnelles des peintures classiques. Trois éprouvettes sont recouvertes d'une couche de peinture à l'huile ocre rouge de qualité beaux-arts, diluée à part égale avec du white-spirit. La couche est mince et passée à la brosse. Après une quinzaine de jours de séchage, une seconde couche vert émeraude de qualité beaux-arts, coupée d'un tiers de white-spirit, est passée seulement sur deux des trois éprouvettes. Enfin, une des éprouvettes reçoit une troisième couche de peinture terre d'ombre brûlée de qualité beaux-arts diluée avec un cinquième de white-spirit. Nous avons donc trois éprouvettes couvertes respectivement de une, deux et trois couches de peinture. Le séchage définitif de chaque éprouvette avant utilisation est de deux mois. Comme précédemment, la masse surfacique des constituants est évaluée à chaque étape de la fabrication des éprouvettes (tableau 2).

Tableau 1. Caractéristiques des peintures à la colle sur papier.

Éprouvettes peinture à la colle sur papier	1	2	3
Masse surfacique du papier g/m^2	125	125	125
Masse surfacique de l'encollage g/m^2	4	4,16	4,46
Masse surfacique de la peinture g/m^2	6,36	25,24	33,79

Tableau 2. Caractéristiques des peintures à l'huile sur papier encollé.

Éprouvettes peinture à l'huile sur papier encollé	4	5	6
Masse surfacique du papier g/m^2	125	125	125
Masse surfacique de l'encollage g/m^2	6,10	5,57	4,84
Masse surfacique de la peinture à l'huile g/m^2	15,00	22,73	44,51

Peinture à l'huile sur papier non encollé. Cette série d'éprouvettes a été réalisée conjointement aux éprouvettes de peinture à l'huile sur papier encollé. La mise en œuvre est rigoureusement la même que pour les trois éprouvettes précédentes mais la peinture est déposée directement sur le papier Canson (tableau 3).

Résultats

Dans un premier temps, l'évaluation des $V_{m,t}$ pour des écarts de 30 % d'humidité relative (HR) entre 40 % et 70 %, et de 70 % entre 20 % et 90 % vont nous permettre de comparer et de classer la sensibilité à l'humidité de chaque technique étudiée (figure 1).

Ces écarts ont été choisis car ils nous donnent une représentation globale de la sensibilité des peintures. Dans la seconde partie de l'étude, en mesurant la $V_{m,t}$ pour des écarts d'humidité relative de 10 % dans différentes positions – cas qui se présente fréquemment dans les musées –, nous vérifierons l'influence de ce facteur. Enfin, on s'imposera une $V_{m,t}$ égale à 10 % de la tension initiale. Dans tous les cas, nous essaierons de montrer dans quelles circonstances ces écarts peuvent être préjudiciables à la conservation de ces types de peinture à travers l'analyse de leur classement. Les résultats sont regroupés dans le tableau 4.

L'ensemble des courbes, ajustées selon une régression polynomiale, donne, à partir des points expérimentaux, le profil caractéristique de la sensibilité à l'humidité relative de chaque peinture. Si on associe à

58

Tableau 3. Caractéristiques des peintures à l'huile sur papier non encollé.

Éprouvettes peinture à l'huile sur papier non encollé	7	8	9
Masse surfacique du papier g/m ²	125	125	125
Masse surfacique de la peinture à l'huile g/m ²	25	35	46,96

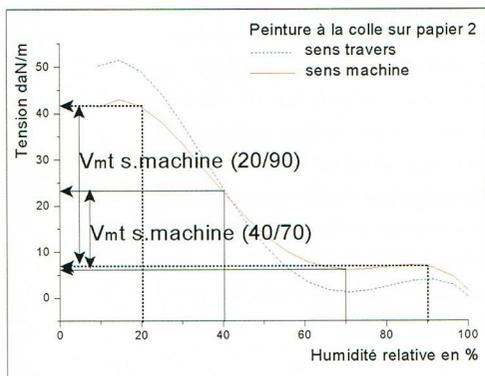


Figure 1. Méthode d'évaluation des valeurs de $V_{m,t}$ pour des écarts d'humidité donnés sur les courbes expérimentales. $V_{m,t}$ représente par exemple la variation de tension pour un écart de 70 % HR ou 30 % HR.

Tableau 4.

Masse en g/m ²	Δ HR = 40/70		Δ HR = 20/90	
	Mac. daN/m	Trav. daN/m	Mac. daN/m	Trav. daN/m
Peinture 1. Colle/papier Me=4, Mc=6,36, Mp=1,24	Δt = 10,25	Δt = 12,47	Δt = 35,00	Δt = 48,30
Peinture 2. Colle/papier Me=4,16, Mc=25,24, Mp=8,41	Δt = 16,81	Δt = 22,53	Δt = 38,85	Δt = 50,65
Peinture 3. Colle/papier Me = 4,46, Mc=33,79, Mp=21,14	Δt = 18,35	Δt = 24,89	Δt = 49,66	Δt = 66,88
Peinture 4. Huile/papier/encre Me = 4,84, Mc = 44,51	Δt = 12,45	15,49	Δt = 28,6	Δt = 31,21
Peinture 5. Huile/papier/encre Me = 5,57, Mc = 22,73	Δt = 7,66	Δt = 7,05	Δt = 26,18	Δt = 29,99
Peinture 6. Huile/papier/encre Me = 6,10, Mc = 15	Δt = 4,88	Δt = 5,14	Δt = 29,84	Δt = 40,25
Peinture 7. Huile/papier/encre Mc = 25	Δt = 10,51	Δt = 11,05	Δt = 26,06	Δt = 29,85
Peinture 8. Huile/papier/encre Mc = 35	Δt = 11,40	Δt = 12,95	Δt = 20,13	Δt = 26,28
Peinture 9. Huile/papier/encre Mc = 46,96	Δt = 11,28	Δt = 13,35	Δt = 25,00	Δt = 30,00

Me = masse encollage en g/m² (extrait secondes)
 Mc = masse couche colorée en g/m² (extrait secondes)
 Mp = masse pigments en g/m²

chaque point de la courbe une pente, nous voyons que la valeur de celle-ci varie. La pente représente donc la sensibilité de la peinture à l'humidité relative en un point, alors que la $V_{m,t}$, comme la pente de la sécante, caractérise la sensibilité de la peinture entre deux points (figure 2).

Autrement dit, plus la pente est prononcée, plus la peinture est sensible à l'humidité ou instable. Cette sensibilité varie aussi bien avec la position du point qu'avec l'écart entre deux points. Dans l'exemple ci-contre, autour de 40 % d'HR, la peinture est très sensible aux variations d'humidité; autour de 60 %, la même peinture l'est beaucoup moins; et entre 30 et 70 % d'HR, la peinture devient moyennement sensible à l'eau. La classification de ces peintures doit donc prendre en considération :

- l'ampleur de la variation d'humidité relative ;
- la position de la variation de l'humidité relative entre 10 et 100 %.

En regroupant les différentes classifications obtenues pour de grands, de moyens et de petits écarts d'humidité, nous avons à chaque fois d'importantes modifications dans la classification (figure 3).

Ainsi, la peinture 4, moyennement stable pour un écart de 70 % entre 20 % et 90 %, se trouve être une peinture quasiment instable pour des écarts de 10 % situés entre 45 % et 55 %, et entre 55 % et 65 %. L'inverse se

vérifie pour la peinture 6. À part les peintures 3, 2 et 5, qui occupent pratiquement toujours la même place dans la classification, les autres peintures peuvent être à la fois stables et instables. Cette notion, ou plutôt cette propriété, bien difficile à admettre *a priori*, semble logique à travers l'analyse des courbes et l'étude approfondie du comportement à l'humidité des différentes peintures.

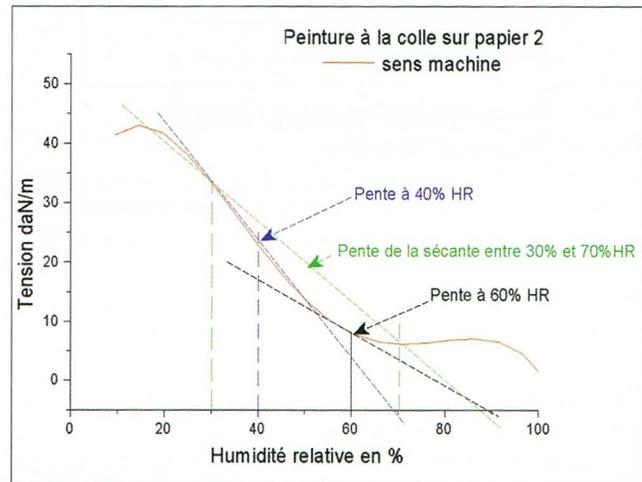


Figure 2. Méthode d'exploitation d'une courbe de sensibilité d'une peinture à l'humidité.

$\Delta HR = 45/55$		$\Delta HR = 50/60$		$\Delta HR = 55/65$		$V_{m,t} = 1,5 \text{ daN/m}$	
Mac. daN/m	Trav. daN/m	Mac. daN/m	Trav. daN/m	Mac. daN/m	Trav. daN/m	Mac. %	Trav. %
11,21/6,87 $\Delta t = 4,34$	10,10/4,93 $\Delta t = 5,17$	8,71/5,62 $\Delta t = 3,09$	7,04/3,40 $\Delta t = 3,64$	6,87/4,65 $\Delta t = 2,22$	4,93/2,83 $\Delta t = 2,5$	56,33/63,67 $\Delta HR = 7,34$	56,4/63,6 $\Delta HR = 7,21$
18,09/10,47 $\Delta t = 7,62$	17,14/6,99 $\Delta t = 10,15$	13,29/8,12 $\Delta t = 5,17$	11,54/3,83 $\Delta t = 3,83$	10,47/6,72 $\Delta t = 3,75$	6,99/1,96 $\Delta t = 5,06$	56,35/63,5 $\Delta HR = 7,30$	56,7/63,3 $\Delta HR = 6,6$
14,70/5,98 $\Delta t = 8,10$	19,72/8,59 $\Delta t = 11,11$	10,02/4,09 $\Delta t = 5,93$	13,67/5,46 $\Delta t = 8,21$	6,60/2,66 $\Delta t = 3,94$	8,59/3,80 $\Delta t = 4,79$	58,07/61,92 $\Delta HR = 3,85$	58,50/61,49 $\Delta HR = 2,99$
17,71/10,44 $\Delta t = 7,27$	14,64/18,12 $\Delta t = 6,52$	12,92/8,61 $\Delta t = 4,31$	11,09/5,80 $\Delta t = 5,29$	10,44/7,30 $\Delta t = 3,14$	8,12/4,30 $\Delta t = 3,82$	57,48/62,52 $\Delta HR = 5,04$	57,93/62,06 $\Delta HR = 4,13$
19,90/6,68 $\Delta t = 3,22$	11,06/7,99 $\Delta t = 3,07$	8,02/5,75 $\Delta t = 2,27$	9,25/7,15 $\Delta t = 2,10$	6,68/5,14 $\Delta t = 1,54$	7,99/6,68 $\Delta t = 1,31$	48,21/71,78 $\Delta HR = 23,57$	54,46/65,54 $\Delta HR = 11,68$
18,89/5,98 $\Delta t = 1,91$	12,25/10,18 $\Delta t = 2,07$	6,78/5,39 $\Delta t = 1,39$	11,14/9,44 $\Delta t = 1,70$	5,98/5,05 $\Delta t = 0,93$	10,18/8,78 $\Delta t = 1,4$	45,82/74,17 $\Delta HR = 28,35$	54,47/65,52 $\Delta HR = 11,05$
16,71/12,25 $\Delta t = 4,45$	16,94/12,84 $\Delta t = 4,10$	14,13/10,84 $\Delta t = 3,29$	14,84/10,96 $\Delta t = 3,88$	12,25/9,99 $\Delta t = 2,26$	12,84/9,28 $\Delta t = 3,56$	54,69/65,30 $\Delta HR = 10,61$	37,42/62,57 $\Delta HR = 5,15$
15,50/11,78 $\Delta t = 4,72$	15,55/9,88 $\Delta t = 5,67$	14,04/9,97 $\Delta t = 5,11$	12,5/7,82 $\Delta t = 4,68$	11,78/8,61 $\Delta t = 3,17$	8,88/6,47 $\Delta t = 3,41$	57,71/62,28 $\Delta HR = 4,57$	57,79/62,21 $\Delta HR = 4,42$
19,06/14,21 $\Delta t = 4,85$	18,76/13,02 $\Delta t = 5,74$	16,40/12,55 $\Delta t = 3,85$	15,66/11,06 $\Delta t = 4,60$	14,21/11,53 $\Delta t = 2,68$	13,02/9,89 $\Delta t = 3,13$	56,28/63,71 $\Delta HR = 7,43$	57,85/62,15 $\Delta HR = 4,30$

Figure 3. Classement des peintures en fonction de leur stabilité à l'humidité relative.

Instable					Stable				
Sensibilité croissante à l'humidité relative									
3	2	1	6	4	5/7	9	8	20% à 90%	
3	2	1	4	9	8	7	5	6	40% à 70%
3	2	4	9	8	1/7	5	6	45% à 55%	
2/3	4	8	7/9	1	5	6	55% à 65%		
3	4	9	8	7	2	1	6	5	$V_m T = 1,5 \text{ daN/m}$

Étude du comportement à l'humidité des peintures à la colle

Plusieurs points caractérisent le comportement à l'humidité des peintures à la colle. Avant tout, nous remarquons que plus la masse de colle contenue dans la peinture est importante, plus la peinture est sensible à l'humidité. Nous ne sommes pas surpris par ces résultats car, la colle animale étant fortement hydrophile, c'est elle qui accentue la sensibilité de la peinture à l'humidité. Les résultats enregistrés pour les peintures à la colle sont conformes à ce que l'on attendait. Ce qui est plus intéressant, en revanche, c'est de voir que cette sensibilité est proportionnelle à la quantité de colle, quelle que soit la valeur de l'écart et sa position par rapport à l'humidité (figure 4).

Si la sensibilité à l'humidité des peintures à la colle est proportionnelle à la masse de colle, l'étude permet aussi d'établir que les peintures sont plus stables aux humidités relatives les plus élevées pour des écarts identiques. Bien entendu, l'influence du support papier se fait sentir au niveau du comportement isotropique des peintures. Le papier voit son comportement orthotropique croître avec l'augmentation de la quantité de colle, mais diminuer si les écarts d'humidité sont situés dans les humidités élevées (figures 5a et b).

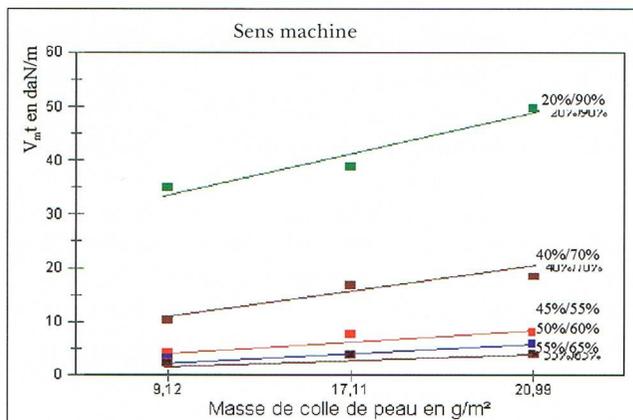
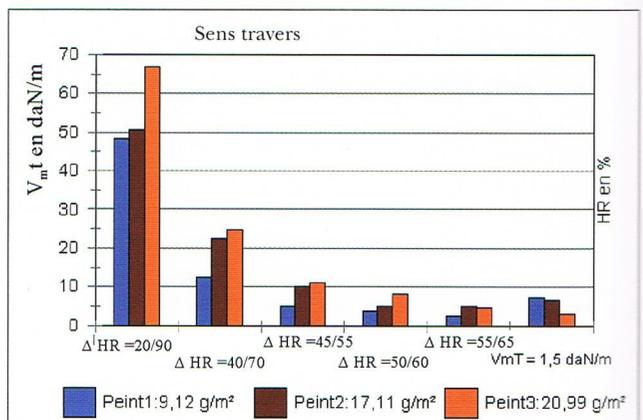
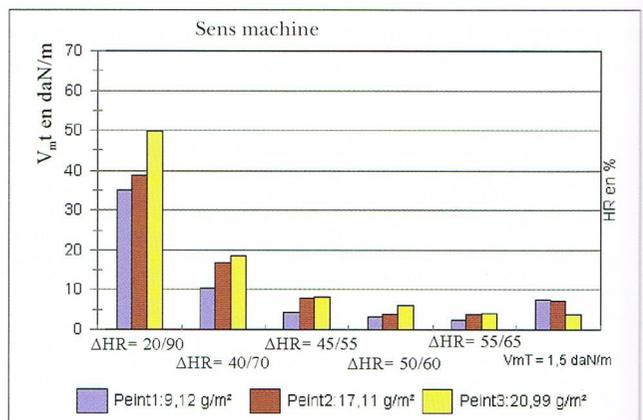


Figure 4. Évolution de la $V_m T$ en fonction de la masse de colle pour les trois peintures à la colle sur papier.

Étude du comportement à l'humidité des peintures à l'huile sur papier encollé

Dès que la technique picturale change, son comportement à l'humidité relative se transforme. La technique à l'huile sur papier encollé se prête à plusieurs observations. On remarque tout d'abord que l'augmentation de la masse de colle qui sert à l'encollage du papier joue le même rôle que précédemment. Les plus encollés sont toujours les plus sensibles à l'humidité (figure 6).

Notons que, pour toutes les séries de peintures fabriquées, le support papier étant le même, il joue un rôle identique. Deux autres observations peuvent attirer notre attention. La présence de peinture à l'huile, qui est hydrophobe, ne diminue pas autant qu'on l'imagine la sensibilité à l'humidité de la peinture. Par exemple, à 50-60 %, la peinture 3 (peinture colle sur papier encollé), qui contient au total 38,25 g/m² de colle animale, a une $V_m T = 5,93 \text{ daN/m}$, alors que la peinture 6 (peinture à l'huile sur papier encollé), en ne contenant que 6,1 g/m² de colle animale, a une $V_m T = 1,62 \text{ daN/m}$. Les rapports passent de 6,2 à 3,3. La colle et le papier jouent donc un rôle prédominant dans



Figures 5a et b. Comparaison de la $V_m T$ des différentes peintures à la colle sur papier en fonction de la masse de colle et des écarts hygrométriques.

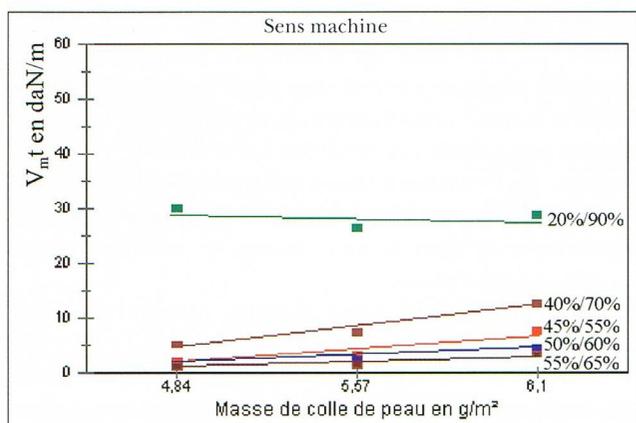
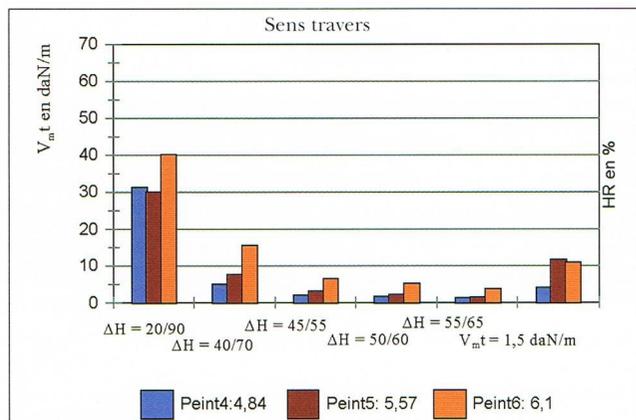
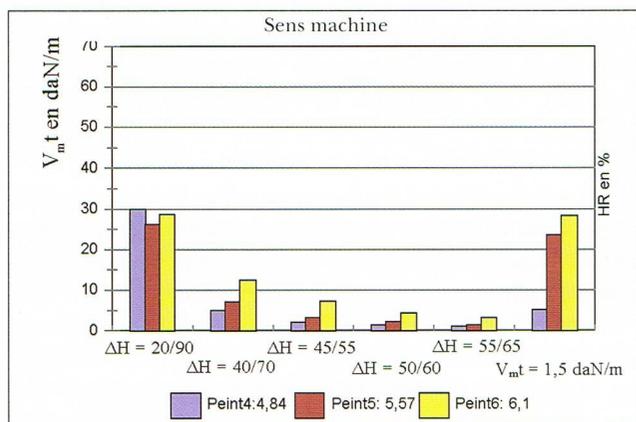


Figure 6. Évolution de la $V_{m,t}$ en fonction de la masse de colle pour les trois peintures à l'huile sur papier encollé.

le cas de cette série de peintures. Les deux autres remarques que l'on peut faire se rapportent, d'une part, à la sensibilité en fonction de l'amplitude de l'écart et de sa position et, d'autre part, à la réponse anisotrope du papier qui se manifeste ici (figures 7a et b).



Figures 7a et b. Comparaison de la $V_{m,t}$ des différentes peintures à l'huile sur papier encollé en fonction de la masse de colle et des écarts hygrométriques.

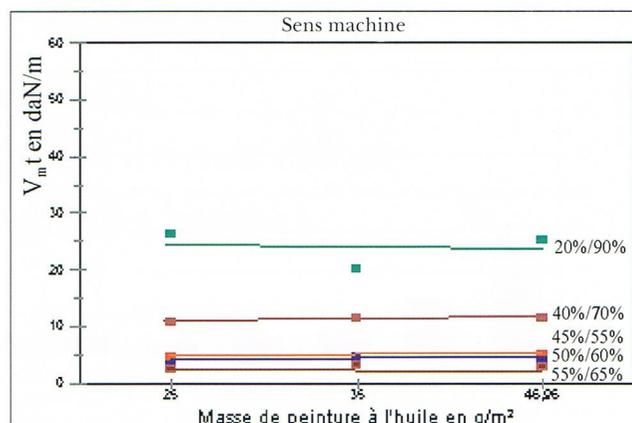


Figure 8. Évolution de la $V_{m,t}$ en fonction de la masse de peinture à l'huile sur le papier non encollé.

Étude du comportement à l'humidité des peintures à l'huile sur papier

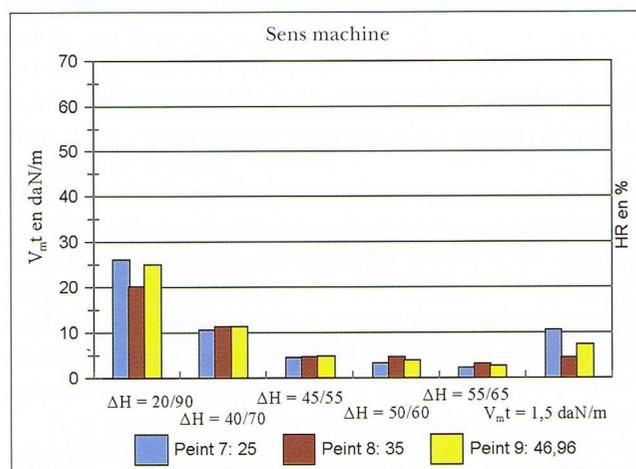
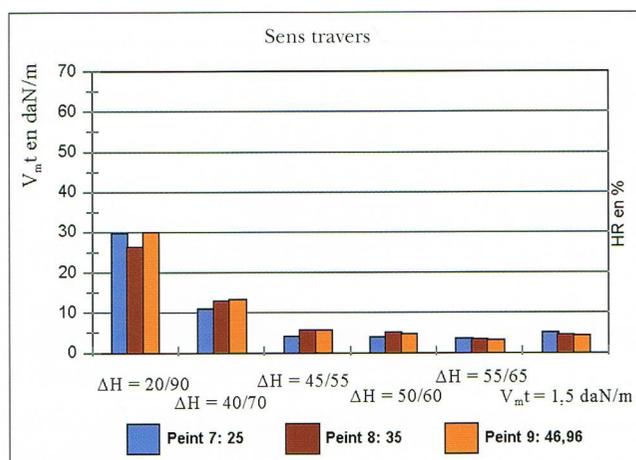
Dans l'autre série de peintures à l'huile, la colle animale n'est pas présente. La peinture à l'huile est directement déposée sur le papier. Ces deux matériaux ont vis-à-vis de l'humidité un comportement opposé. Ici, l'augmentation de la masse de peinture n'a aucune influence sur la modification de la sensibilité de la peinture à l'humidité. Cette sensibilité existe naturellement, puisqu'elle est liée au support (figure 8).

Bien qu'elle ne soit pas influencée par la quantité de peinture, elle dépend toujours de l'amplitude des écarts d'humidité et de leur position dans l'échelle des valeurs. Là plus qu'ailleurs, le papier impose son comportement du point de vue de la sensibilité à l'humidité mais aussi du point de vue de son isotropie (figures 9a et b).

Conclusion

Pour l'ensemble des peintures sur papier étudiées, les $V_{m,t}$ varient de 0,93 daN/m (55-65 %) à 66, 88 daN/m (20-90 %). Les comportements mécaniques de ces peintures présentent des différences importantes liées essentiellement au comportement des composants dans des conditions expérimentales données. D'après les paramètres énoncés auparavant et les restrictions citées dans l'introduction, il faut écarter les humidités les plus élevées et les plus faibles. D'autre part, pour éviter une fatigue mécanique trop importante, il faut limiter les $V_{m,t}$ à environ 10 % de la tension initiale, ce qui représente environ 1,5 daN/m.

Dans une première approche, il n'y a guère que les peintures 6 et 5 qui pourraient être conservées à une humidité relative comprise entre 60 % \pm 5 % sans que les



Figures 9a et b. Comparaison de la $V_{m,t}$ des différentes peintures sur papier en fonction de la masse d'huile et des écarts hygrométriques.

valeurs de la $V_{m,t}$ s'éloignent de 1,5 daN/m. Dans les autres cas, il ne reste qu'à réduire l'écart d'humidité. Pour une peinture à la colle sur papier, particulièrement instable comme nous l'avons vu, le domaine d'humidité relative acceptable est de $60\% \pm 1,5\%$ à 20°C . Une telle maîtrise de l'environnement est très difficile à obtenir dans les salles publiques, mais elle permettrait de conserver sans discernement toutes les œuvres dans les meilleures conditions.

De cette étude nous devons retenir quelques données intéressantes :

- Bien que l'influence de chaque constituant ait un rôle important, c'est plutôt leur interdépendance qui est à l'origine de leur comportement vis-à-vis de l'humidité. Ce comportement spécifique pour chaque peinture est caractérisé par une courbe. Seules ces courbes permettent de prévoir la tenue de la peinture à une humidité précise ou pour un écart d'humidité relative défini. Les classifications obtenues, en modifiant les paramètres climatiques, témoignent de la complexité de leurs comportements.

- Les conditions de conservation qui semblent *a priori* les meilleures pour l'ensemble des éprouvettes testées sont de $60\% \pm 1,5\%$ à 20°C . C'est dans cette plage d'humidité que les échantillons de peinture se trouvent dans un état de contrainte minimale et subissent une faible sollicitation mécanique ($V_{m,t} < 1,5 \text{ daN/m}$). Ces conditions très restrictives conviennent aussi bien aux peintures à la colle sur papier qu'aux peintures à l'huile sur papier encollé.

Bien que notre étude ait porté sur un ensemble d'éprouvettes s'inspirant de techniques traditionnelles, dans un cadre strictement expérimental, les résultats obtenus sont le reflet d'une certaine réalité.

Notes

1. La sonde thermo-hygrométrique Testo placée dans l'enceinte enregistre tous les quarts d'heure l'humidité et la température.
2. CVP: concentration volumétrique pigmentaire.

Références

[1] Plenderleith H.J and Philippot P., 1960. *Climatology and conservation in museum*, 242-289

[2] Thomson G., 1978. *The Museum Environment*, Butterworths, London.

[3] Michalski S., 1993. *Relative humidity; discussion of correct/incorrect values*. Icom Committee for Conservation 10th Triennial Meeting, 624-629.

[4] Erhart D. and Mecklenburg M.F., 1994. « Relative humidity re-examined »,

in Preventive Conservation Practice, Theory and Research, Preprints of the contribution to the IIC Congress, Ottawa.

[5] Mecklenburg M.F. and Tumosa C.S., 1991. « Mechanical behavior of painting of Art », *in Transit: Studies in the transport of painting*, ed. National Gallery of Art, Washington, 173-216.

[6] Erhart D., Von Endt D. and Hopwood W., 1987. *Comparison of accelerated aging conditions through the analysis of extracts of artificially aged paper*, in Preprints of Paper presented at the 15th Annual Meeting American Institute for Conservation, Washington, 43-55.

[7] Roche A., 1993. *Rentoilage traditionnel-désentoilage: analyse des tensions*, Actes du 4^e colloque international de l'ARAAFU, 103-108.

[8] Roche A., 1996. *Étude du comportement mécanique des dessins de grands formats*

doublés sur des matériaux non tissés, Preprint of 11th Triennial Meeting, Edinburg, Vol.2, 545-551.

Fournisseurs

- Papier Canson 125 g/m²: papeteries Canson et Montgolfier BP 139, 07104 Annonay cedex, France.
- Peintures beaux-arts: Lefranc & Bourgeois, BP 337, 72007 Le Mans cedex.
- Pigment bleu de cobalt et colle de peau Totin: Sennelier, 3, quai Voltaire, 75007 Paris.
- Sonde thermo-hygrométrique Testo: 19, rue des Maraîchers, BP 30100, 57600 Forbach cedex.